

## Hausübung 1

Prof. Dr. Olaf Lechtenfeld, Daniel Westerfeld

**Aufgabe 1: Geschwindigkeitaddition 2**

(1+1=2 Punkte)

Gegeben sei die Situation aus Aufgabe 2 der Präsenzübung. In dieser Aufgabe zeigen Sie, dass sich für kleine Geschwindigkeiten die aus dem Alltag bekannten Gesetze ergeben und schätzen ab, ab welchen Geschwindigkeiten diese nicht mehr brauchbar sind.

[HÜ 1.1] Betrachten Sie den nicht-relativistischen Grenzfall, d.h.  $v_1 \ll c$  und  $v_2 \ll c$ . Stimmt das Resultat mit Ihrer Erwartung überein?

[HÜ 1.2] Nehmen Sie nun vereinfachend an, es sei  $v_1 = v_2$ . Ab welcher Geschwindigkeit wird der relative Fehler

$$\left| \frac{v_{\text{tot,genährt}} - v_{\text{tot}}}{v_{\text{tot}}} \right|,$$

größer als 1%. Damit erhalten Sie eine grobe Abschätzung, ab wann relativistische Effekte „im Alltag“ eine Rolle spielen.

**Aufgabe 2: Die relativistische Hexe**

(4 Punkte)

Eine Hexe fliegt auf ihrem Besen (Ruhelänge  $2L$ ) mit konstanter Geschwindigkeit  $v$  auf eine Scheune der Ruhelänge  $L$  zu. Das Vorder- und Hintertor der Scheune sind so miteinander verbunden, dass (im Ruhesystem der Scheune) stets ein Tor offen und das andere Tor geschlossen ist. Die Hexe fliegt nun durch das geöffnete hintere Tor in die Scheune hinein. Ein Beobachter im Ruhesystem der Scheune schließt dieses Tor, sobald das Ende des Besens in der Scheune verschwunden ist. Ist es möglich, dass sowohl die Hexe als auch das vordere Tor bei diesem Flugmanöver unbeschädigt bleiben? Wie schnell muss die Hexe hierfür fliegen? Diskutieren Sie den Ablauf anhand zweier Raum-Zeit-Diagramme: einmal im Ruhesystem der Scheune und einmal im Ruhesystem der Hexe.

*Hinweis:*

Zeichnen Sie in den Raum-Zeit-Diagrammen die Weltlinien der Tore und der Besen-Enden. Wo liegt der Besen zu einem festen Hexen-Zeitpunkt? Wo zeigen Uhren an den Toren die gleiche Zeitan?

**Aufgabe 3: Pion Zerfall**

(4 Punkte)

Ein Pion zerfällt in ein Myon und ein Myon-Neutrino:

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu.$$

Die Massen von Pion und Myon sind  $m_\pi = 273,13 m_e$  und  $m_\mu = 206,77 m_e$  in Einheiten der Elektronenmasse  $m_e$ ; das Neutrino kann in guter Näherung als masselos angenommen werden. Bestimmen Sie die Verteilung der Gesamtenergie nach dem Zerfall. Welche Anteile entfallen auf die kinetischen Energien des Myons und des Neutrinos?

*Hinweise:*

Betrachten Sie den Prozess im Schwerpunkt-System (= Ruhesystem des Pions). Sie dürfen gerne  $c = 1$  setzen. Stellen Sie die Energie-Impuls-Bilanz auf in der Form  $p_\mu = p_\pi - p_\nu$  mit den Viererimpuls-Vektoren der beteiligten Teilchen. (Lorentz-)Quadrieren Sie diese und berechnen Sie damit  $E_\nu$ . Verwenden Sie die Energieerhaltung, um  $E_\mu$  zu finden. Die kinetische Energie eines Teilchens ist  $T = E - mc^2$ .